



IGME

281

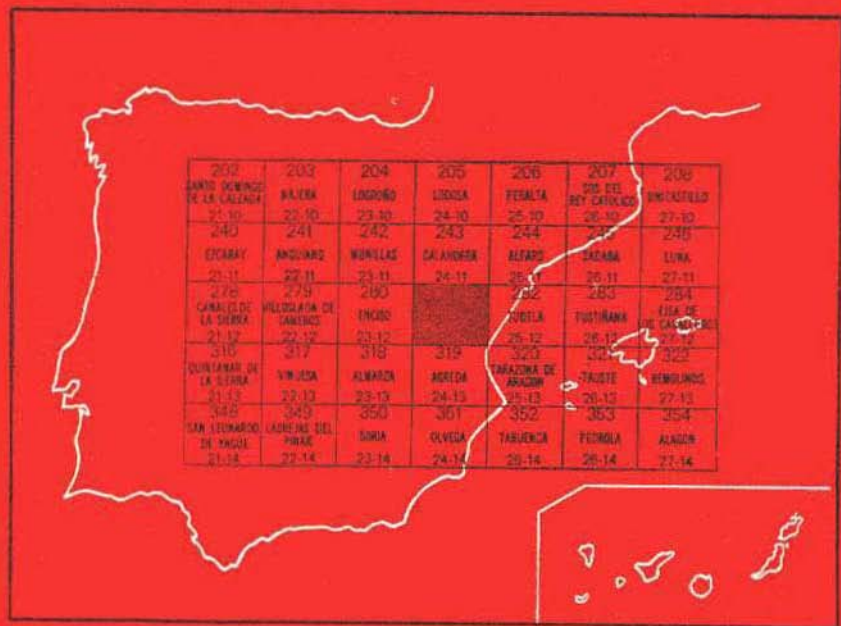
24-12

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CERVERA DEL RIO ALHAMA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CERVERA DEL RIO ALHAMA

Segunda serie - Primera edición

**SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas bajo normas, dirección y supervisión del IGME, por el siguiente equipo técnico de IBERGESA y DIPUTACION FORAL DE NAVARRA.

En *Cartografía y redacción de Memoria*: Facies Purbeck-Weald: Durantez Romero, O. (IBERGESA). Triásico, Jurásico Marino y Terciario Continental: Solé, J.; Castiella, J., y Villalobos, L. (Diputación Foral de Navarra).

Igualmente han colaborado en los análisis siguientes:

En *Sedimentología*: Laboratorios ENADIMSA.

En *Micropaleontología*: Ramírez del Pozo, J.

En *Macropaleontología*: Rivas, P. (Dpto. Paleontología, Universidad de Granada) y Del Pan, T. (ENADIMSA).

En *Petrografía*: Chacón, J. (Universidad de Bilbao).

En *Análisis químicos*: Laboratorio de Análisis químicos de la Diputación Foral de Navarra.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida fundamentalmente por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle, con estudios sedimentológicos.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Depósito Legal: M - 3.604 - 1982

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

INTRODUCCION

La Hoja núm. 24-12 —Cervera del Río Alhama—, está emplazada en la parte más oriental de las Sierras de Cameros, perteneciendo su sector NE a la Rioja o «depresión del Ebro».

Esta localización geográfica se traduce geológicamente de forma bastante simple, en rasgos generales: la parte de la Hoja que pertenece a las estribaciones de la Sierra de Cameros (Sierra de Préjano, Sierra de la Ballenera y Sierra de Alcarama) y que constituye el cuadrante III en su totalidad, la mayor parte de los cuadrantes II y IV y el SO del cuadrante I, está formada por las facies que hemos llamado de forma indiferenciada, «Purbeck-Weald». Estas facies quedan separadas de los materiales Terciarios pertenecientes a la depresión del Ebro y situados al NE, por una franja muy tectonizada de anchura irregular y de dirección global NO-SE, constituida fundamentalmente por dolomías y calizas Jurásicas, yesos del Triásico y «facies Utrillas» del Cretácico.

El Cuaternario está bien representado en toda la Hoja y mayormente en el sector NE, por sedimentos aluviales y glaciales.

Aparte de los trabajos clásicos con los que se comenzaron a sentar las bases del estudio geológico de la región, como aquellos realizados por SANCHEZ LOZANO y PALACIOS (1886), hay una serie de publicaciones más recientes entre las que destacaremos, por una aplicación más directa a este estudio, los llevados a cabo por los siguientes autores: BEUTHER y TISCHER (1967) en lo que respecta a las facies continentales del Jurásico y Cretácico, MENSINK (1967) por su estudio bioestratigráfico del Jurásico marino, JEREZ MIR y ESNAOLA (1969), principalmente por su aportación cartográfica y estudio de la geología económica, etc.

LOCALIZACION GEOLOGICA



Esquema según H. Mensink

1 ESTRATIGRAFIA

INTRODUCCION

Los materiales más antiguos que afloran en la Hoja son los yesos del Keuper, seguidos por las carnioles de edad Rethiense y el conjunto de dolomías, calizas, margas, areniscas y conglomerados calcáreos de edad Jurásica. Estos materiales se encuentran exclusivamente a lo largo de la franja tectonizada a la que ya hemos aludido y que configura la geología de la Hoja en cuestión y de la región en general. Al S y SO de esta franja, las facies que hemos llamado de forma global «Purbeck-Weald» son las únicas que están representadas. Estos materiales de edad Jurásico superior y Cretácico inferior son, en sentido amplio, de origen deltaico y están constituidos por materiales detríticos y, en menor proporción, por depósitos carbonáticos. La superficie de afloramiento de estas facies supera el 50 por 100 del total del área estudiada. Hemos creído oportuno el hablar de forma indiferenciada siempre de facies «Purbeck-Weald», puesto que diferentes autores las han llamado de una u otra manera, generalmente en función de una edad atribuida y no como tales facies. Según este criterio y los datos que tenemos para la atribución de edad a estos sedimentos, tendríamos que diferenciar

unas facies «Purbeck» y otras facies «Weald» según correspondan al Jurásico superior o Cretácico inferior respectivamente, en un conjunto que se puede considerar homogéneo en cuanto a su origen.

Los materiales suprayacentes al «Purbeck-Weald» son las facies «Utrillas», cuyo término en este caso concreto tiene mayor sentido cronológico que litológico, pues sus características difieren en parte de las facies «Utrillas» s.s. Estos materiales afloran únicamente en la franja tectonizada, principalmente al N de la Hoja y siempre entre fracturas o contactos mecanizados, sin verse nunca la relación directa con los materiales inferiores y suprayacentes. Al NE de dicha franja únicamente existen materiales post-Cretácicos, en facies de borde de cuenca pertenecientes al conjunto de sedimentos terciarios del Valle del Ebro.

1.1 TRIASICO Y JURASICO MARINO

1.1.1 ARCILLAS Y YESOS CON BLOQUES DE CARNIOLAS Y BASALTOS: «FACIES KEUPER» (T_{C.3})

Los afloramientos del Keuper se limitan en esta Hoja a una banda de dirección NNO-SSE en la zona de los Baños de Fitero —siguiendo la alineación del gran accidente que se presenta entre la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica—, y a unos retazos al Norte de Grávalos.

Desde el punto de vista litológico este nivel está constituido por yesos y arcillas «abigarradas». Los yesos son de color rojo, blanco e incluso negro, mientras que las arcillas suelen tener siempre tonalidades rojizas.

Entre estos materiales se presentan bloques de dolomías («carniolas») del nivel T_{A33}-J₁₁ y también rocas básicas que estudiadas al microscopio se han definido como basaltos olivínicos.

Los yesos solamente se presentan masivos hacia el Sur, en la zona de Fitero y Cuévanos.

1.1.2 CARNIOLAS, DOLOMIAS Y CALIZAS DOLOMITICAS (T_{A33}-J₁₁)

Este tramo basal de la serie Mesozoica y que aflora bien en la zona de Muro de Aguas, no presenta sin embargo en las otras zonas afloramientos completos.

En la columna de Muro de Aguas se han medido unos 65 m. de dolomías cavernosas, de color gris y pardo-amarillento, con algunos bancos más calcáreos, intercalados y mejor estratificados, puesto que el resto presenta estratificación difusa.

Hay niveles de dolomías celulares pero suelen pasar lateralmente a las dolomías calcáreas compactas.

El paso de este tramo al siguiente, no es litológicamente claro, por lo que se ha fijado en el nivel donde ya desaparecen las típicas «carniolas».

En este tramo no se han encontrado fósiles. MENSINK (1965), sin embargo, cita en las proximidades de Préjano la presencia de fauna indeterminable.

Por esto, el techo de este tramo queda determinado, como Hettangiense y la asignación al Rhetiense de la parte inferior se hace siguiendo, a otros autores que así lo han considerado, principalmente por comparación de litofacies con otras regiones mediterráneas (MENSINK, 1965).

1.1.3 CALIZAS Y CALIZAS DOLOMITICAS (J₁₁₋₁₂⁰⁻²)

En el corte de Muro de Aguas se ha medido unos 60 m. de espesor atribuibles a este tramo.

En la base hay unos 35 m. de calizas y calizas dolomíticas, en bancos de color gris oscuro, con algún tramo oolítico. Presencia de calizas dolomíticas «rubanées», y juntas arcillosas entre las capas.

A continuación se encuentran 25 m. de calizas oscuras en bancos gruesos, con la presencia todavía de algún banco dolomítico en la base.

En todo este nivel se ha encontrado microfauna con:

- Ataxopharagmidae*
- Labyrinthina* sp.
- Textularia* sp.
- Lituolidae* (*Ammobaculites* sp.)
- Trochamminoides* sp.

aparte de gasterópodos, lamelibranquios, restos de crinoides que datan un Sinemuriense inferior.

1.1.4 DOLOMIAS Y CALIZAS INDIFERENCIADAS (T_{A33}-J₁₂²)

Aquí, en este tramo compresivo de los dos anteriores, se incluyen unos afloramientos de la zona cercana a los Baños de Fitero, donde es difícil separar los dos niveles anteriormente descritos, por ser de pequeña extensión y estar fuertemente afectados por la tectónica.

1.1.5 CALIZAS, CALIZAS ARCILLOSAS Y MARGAS (J₁₂₋₂₂³⁻²)

En el corte de Muro de Aguas se ha podido medir algo más de 300 m. de serie perteneciente a esta unidad; sin embargo, en la zona de Cuévanos esta potencia está reducida a unos 50 m.

Este es un tramo extraordinariamente fosilífero, tanto en el aspecto macro como micropaleontológico y, aunque las muestras pueden separar perfectamente los pisos o incluso las zonas dentro de ellos, cartográficamente es muy difícil continuar estas separaciones al ser toda la litología del tramo muy parecida.

Las especies más frecuentes en esta unidad son las siguientes:

Ammonites: *Prodactyloceras davoei* (SOWERBY)
Protogrammoceras bonarelli (FUCINI)
Amaltheus stokesi
Fuciniferas mirificans (FUCINI)
Amaltheus margaritatus (MONTFORT)
Seguntia ugdulenaí (GEMMELLARO)
Arietoceras gr. ruthenense (REYNES)
Tauromeniceras nerinii (FUCINI)
Canavaria silvestri (FUCINI)
Dactyloceras semicelatum (SIMPSON)
Dactyloceras ernsti (LEHMANN)
Dactyloceras Tenucostatum (YOUNG y BIRD)
Pseudogrammoceras cotteswoldia (BUCKMAN)
Polyplectus discoides (ZIETEN)
Dumortieria pseudoradosa (BRANCO)
Pleydellia mactra (DUMORTIER)

Belemnites: «*Belemnites*» sp.
Acrocoelites sp.
Passalotenthis buccinaeformes (LISSAJOUS)

Braquiópodos: «*Terebrátula*» *punctata* (SOWERBY)
«*Terebrátula*» *subpunctata* (DAVIDSON)
Zelleria cf. cornuta (SOWERBY)

Lamelibranchios: *Plicátula* sp.
Chlamys sp.
Liogryphaea gr. depressa (PHILL)

Queda comprendida esta unidad entre el Sinemuriense Superior y Bajociense Medio.

En la columna de Muro, los primeros 100 m. son calizas arcillosas en bancos gruesos, alternando con bancos finos de margas arcillosas. Son fértidas y piritosas, de color ocre y gris azulado en fractura. Hay predominancia faunística de lamelibranchios y braquiópodos. A continuación hay aproximadamente 80 m. de margas y calizas margosas con predominio de las primeras. Es quizá el tramo más fosilífero de todos. A este tramo se superponen 45 m. de margas masivas, grises-azuladas, con intercalaciones

de margas calcáreas piritosas. Presentan fauna abundante. Siguen 45 m. de una alternancia neta de calizas arcillosas y margas azuladas y piritosas. También son fosilíferas. Finalmente, se encuentran 30 m. de calizas en bancos gruesos, color crema, alternando con margas.

1.1.6 CALIZAS MASIVAS Y CALIZAS ARCILLOSAS (J₂₂₋₂₃³⁻⁰)

Este nivel tiene en la zona de Muro de Aguas unos 90 m. de potencia, constituidos por 25 m. de calizas arenosas en la base, en cuya parte inferior se intercalan algunas margo-calizas, y 65 m. de calizas masivas, de color claro, oolíticas en la parte superior y bioclásticas en la parte inferior, con concentración de los bioclastos en finos niveles.

La microfauna de las muestras recogidas en este tramo se ha datado como Bathoniense, con presencia de:

Protopenneroplis striata
Trocholina elongata
Trocholina alpina
Nautiloculina sp.
Labyrinthina mirabilis
Ophthalmidium sp.

Estas especies, junto con la macrofauna siguiente:

Garautiana garautiana (D'ORB)
Parkinsonia sp. cf. *pseudoparkinsoni* (WETZEL)

que data el Bajociense Superior, nos permite delimitar la edad de la unidad con precisión.

1.1.7 CALIZAS ARENOSAS EN LAJAS (J₂₃₋₂₄)

Inmediatamente por encima de los depósitos anteriormente descritos se encuentran en la columna de Muro de Aguas, 85 m. de calizas arenosas oscuras, con pátina piritosa, con estratificación lenticular, alternando con tramos de margas calcáreas, algo arenosas de color rojizo. En la parte basal se presentan lumaquelas de crinoides.

La microfauna estudiada en las muestras de este tramo presentan:

Microfilamentos
Artejos y restos de crinoideos
Glomospira sp.
Epistomina (Brotzenia) sp.
Lenticulina sp.

Eothrix alpina
Protoglobigerinas
Ataxophragmiidae
Cornuspira sp.

que datan un Calloviense, aunque puede comprender desde el Bathoniense Superior.

Este tramo se mantiene constante en la zona de Muro y hacia el Noroeste, pero sin embargo no se ha visto en la zona de Fitero.

1.1.8 ARENISCAS Y CONGLOMERADOS CALCAREOS (J₂₃₋₃₁)

Este nivel a veces no tiene una separación muy clara con el inmediato inferior, y desde luego mucho menos con el superior, con el que presenta cambio de facies.

En Muro de Aguas se han medido algo más de 50 m. de areniscas calcáreas con granos de cuarzo, de color rojizo. Presentan estratificación cruzada.

En la zona de Cuévanos se puede observar perfectamente el cambio de facies de este nivel con el inmediatamente superior, que es el basal de la facies Purbeck.

1.1.9 CALIZAS, CALIZAS ARENOSAS Y ARENISCAS INDIFERENCIADAS

³⁻⁰
(J₂₂₋₃₁)

En la zona de Cuévanos, junto al borde de la sierra, la tectónica ha compartimentado los afloramientos y es difícil hacer separaciones que en otros puntos son perfectamente realizables; es por esto que se ha definido este tramo comprensivo de los dos anteriormente descritos.

Aunque la potencia medida en este tramo no supera los 50 m., se puede ver que empieza por un tramo bastante reducido (< 10 m.) de calizas, para pasar luego a calizas arenosas y finalmente a conglomerados.

1.2 JURASICO Y CRETACICO EN FACIES «PURBECK-WEALD»

Ya ha sido reseñada en la introducción general, la importancia cartográfica de estas facies que superan el 50 por 100 en extensión de afloramientos.

La potencia máxima global de estos materiales dentro de la Hoja supone los 2.000 m., a pesar de que en este sector disminuye considerablemente el espesor de los diferentes grupos.

Se hallan representados los cinco conjuntos o grupos definidos por TISCHER & BEUTHER en 1967.

1. Grupo Tera. Está constituido por conglomerados, areniscas, arcillas y ocasionalmente bancos de conglomerados o microconglomerados calcáreos y calizas pisolíticas.

2. Grupo Oncala. Presenta facies calcáreas características («calizas en lajas»), y muy pocas veces aquí, facies detríticas.

3. Grupo Urbión. Al contrario que el grupo anterior, está constituido casi exclusivamente por facies detríticas y en la parte más oriental presenta en el muro unas facies calcáreas denominadas por los autores citados «Calizas de Cabretón».

4. Grupo Enciso. Lo forman de manera esencial facies de margas y calizas, aunque tienen importancia también las facies que hemos llamado de transición, situadas principalmente a muro y a techo, y con un importante componente detrítico.

5. Grupo Oliván. Exclusivamente detrítico: areniscas, limolitas y arcillas.

1.2.1 GRUPO TERA (J₃₁1, J₃₁₋₃₂1 y J₃₁₋₃₂1C)

Los afloramientos existentes de este grupo en el área de estudio, tienen una extensión mínima y están adosados en todos los casos a la franja de Jurásico marino, debido a lo cual se encuentran siempre limitados por fallas. No se ve nunca la relación directa con los materiales suprayacentes —Grupo Oncala—, y con el Jurásico marino únicamente de forma clara, en la misma localidad de Muro de Aguas. En este punto es precisamente donde está patente la unidad basal J₃₁1, constituida por conglomerados de cuarzo con matriz cuarcítica con cantos de tamaño grava y cuarzoarenitas que contrastan con los conglomerados o propiamente microconglomerados de cantos bien redondeados y cemento calcáreo del Jurásico marino. El espesor de esta unidad no sobrepasa los 30 m. Es muy frecuente en todo el grupo, y principalmente en esta unidad, un tipo de estratificación inclinada, característica de las facies deltaicas o mixtas.

Hacia techo se observa una gradación o selección positiva de los materiales, siendo más abundantes los materiales finos tipo limolítico fundamentalmente, sin dejar de existir de forma esporádica niveles conglomeráticos de características análogas a los citados. Estas facies, que en realidad se pueden considerar como una alternancia samítico-pelítica, es la unidad que hemos diferenciado dentro del grupo Tera (J₃₁₋₃₂1), con mayor representación cartográfica y la más característica, teniendo una potencia mínima de 60 m. Es de resaltar la frecuencia de la aparición de cementos carbonáticos en las areniscas. La coloración rojiza de estos materiales que,

en el resto de la cuenca de Cameros es constante, aquí también aparece pero de forma local y no es una referencia cartográfica clara.

La otra unidad definida (J₃₁₋₃₂1c) propiamente la constituyen bancos de hasta 1 m. de calizas pisolíticas intercaladas en una serie de alternancias samítico-pelíticas, es decir, tipo unidad J₃₁₋₃₂1. Aparecen únicamente en las proximidades de Grávalos y de Fitero. El tamaño de los pisolitos que oscila alrededor de 0,5 cm., puede alcanzar valores realmente excepcionales de más de 4 cm.

1.2.2 GRUPO ONCALA (J₃₂2, J₃₂₋₃₃2c, J₃₂₋₃₃2, J₃₃-C₁₁2cs, J₃₃2, J₃₃-C₁₁2c, J₃₃-C₁₁2 y J₃₃-C₁₁2cm)

El número de afloramientos del Grupo Oncala, se reduce prácticamente a tres; el mayor de ellos, de aproximadamente 20 Km², se encuentra al Sur en el término de Cervera del río Alhama. Los otros dos son de menor importancia y se emplazan en los sectores de Armejín-Arroyo Villaroso y Los Pelados, en el término de Grávalos.

La transición del Grupo Tera al Oncala no es visible aquí; sin embargo, según datos de la Hoja situada al Sur (Agreda, SEBASTIAN RIBERA) esta transición es gradual, observándose un enriquecimiento progresivo en carbonatos en el grupo Tera, comenzando a aparecer estratos de calizas.

El Grupo Oncala, por tanto, aparece de forma incompleta, haciéndose muy difícil el calcular la potencia de los materiales no aflorantes dada la importancia de los cambios de facies y sobre todo de potencia; no obstante, citaremos que los tramos infrayacentes que afloran en la Hoja de Agreda superan los 1.000 m. de espesor y conforme nos aproximamos a la franja tectonizada se acuñan rápidamente.

La unidad basal de las aflorantes en la Hoja (J₃₂2), definida como «calizas dolomíticas con yesos» llega a alcanzar los 60 m. de potencia, y presenta un aspecto brechoide y cavernoso con estratificación difusa y algunos niveles muy dolomitizados.

La siguiente unidad (J₃₂₋₃₃2c) la definimos como «calizas limosas en lasjas»; las calizas son de color ocre y están bastante recristalizadas. La potencia máxima es de 65 m. La unidad J₃₂₋₃₃2, constituida por limolitas de color verde y margas, se puede considerar como una variación lateral de la unidad anterior, y su potencia máxima no excede de los 40 m., ya que en el único afloramiento existente, en la confluencia de los arroyos Villaroso y Cañadillas, el muro no es visible.

La unidad J₃₃-C₁₁cs está constituida por calizas limosas y limos calcáreos con intercalaciones de areniscas generalmente finas y micáceas; la potencia aproximada es de 85 m.

Intercalado en esta unidad, en el sector de Grávalos, se ha cartogra-

fiado un tramo exclusivamente detrítico ($J_{33}2$), de areniscas de tamaño medio, micáceas, en bancos de 15-60 cm. y cuya potencia no sobrepasa los 20 m.

La siguiente unidad ($J_{33}C_{11}2c$), definida como «calizas brechoides», se trata en realidad de calizas tableadas, limosas algo brechoides de color blanquecino y muy recristalizadas. Ofrecen un aspecto cavernoso característico. Su potencia oscila alrededor de los 80 m.

La unidad mejor representada dentro del Grupo Oncala es $J_{33}C_{11}2$, llamada «calizas en lajas». Por otra parte, si hubiera que decir la constitución en conjunto del presente grupo, diríamos que lo forman calizas en lajas; las demás variaciones, como son tramos más o menos limosos, los bancos de areniscas o los tramos brechoides, no anulan el carácter de fina estratificación en la serie y su constitución mayormente carbonática. En estas calizas el componente micrítico supone normalmente el 75 por 100 y el contenido en fósiles rara vez sobrepasa el 15 por 100; en menor porcentaje suelen estar presentes el cuarzo y las arcillas. La potencia de esta unidad alcanza los 150 m.

Por cambio lateral de facies hacia el Oeste, dentro del afloramiento del sector de Cervera del Río Alhama, se pasa a la unidad $J_{33}C_{11}2cm$ al ir apareciendo gradualmente niveles margosos intercalados con las lajas de calizas; alcanza una potencia esta unidad de 200 m.

1.2.3 GRUPO URBION ($C_{11}3c$, $C_{11}3cs$, $C_{11}3$, $C_{11-12}3a$, $C_{11-12}3$, $C_{11-12}3s$, $C_{12}3$ y $C_{12}3m$)

Dentro de las facies «Purbeck-Weald» éste es el grupo con mayor extensión cartográfica dentro de la Hoja, seguido en importancia por el Grupo Enciso. Estos afloramientos se concentran principalmente en el III cuadrante, y en total llegan a constituir el 25 por 100 de la superficie de la Hoja.

La potencia varía del orden de 100 m. al Este, a más de 1.000 m. en el sector occidental.

Podemos diferenciar dos conjuntos: «capas o calizas de Cabretón», que incluyen las unidades $C_{11}3c$, $C_{11}3cs$ y $C_{11}3$ y cuyos mejores afloramientos se encuentran en el sector de Grávalos y en el de Cervera del Río Alhama-Fitero. El otro conjunto, esencialmente detrítico, es el Grupo Urbión p.d., e incluye las unidades restantes, estando situados sus extensos afloramientos principalmente en el III cuadrante.

El contacto del Grupo Urbión con el infrayacente se realiza de forma totalmente clara y brusca sin observarse que haya discordancia.

El primer conjunto llamado «capas de Cabretón» o «calizas de Cabretón» lo constituye, como ya hemos dicho, tres unidades, de las cuales la primera

(C₁₁3c) está constituida por calizas bioclásticas de color negro, fétidas, en capas de 30 cm. a 1 m., bien estratificadas y con algunas intercalaciones de escasa importancia, limosas y arcosas, incluso microconglomeráticas y pisolíticas. La fauna encontrada es de pelecípodos, gasterópodos y ostrácodos. La potencia llega ocasionalmente a 150 m.

La segunda unidad, que es la que está más extensamente representada (C₁₁3cs), la constituye una alternancia de calizas de características análogas a las anteriores, con materiales arenosos y principalmente limolíticos de colores rojizos. Alcanza localmente una potencia de 200 m.

La tercera unidad (C₁₁3) es un cambio lateral hacia el Oeste de la unidad anterior, que se realiza disminuyendo paulatinamente la frecuencia de aparición de los bancos calcáreos dentro de la serie detrítica. En el ángulo SO, donde se ve también el contacto entre los Grupos Oncala y Urbión, dentro de este último, la ausencia de materiales carbonáticos es total.

En cuanto al segundo conjunto citado, es fundamentalmente detrítico, excepto unos niveles margosos (C₁₂3m) de poca importancia cartográfica, que están intercalados con material pelítico, y a su vez incluido como una pequeña variación de facies dentro de lo que hemos llamado «conjunto limolítico», o unidad C₁₁₋₁₂3a. Las facies margosas citadas apenas llegan a los 40 m. de espesor y a 0,5 km² de extensión cartográfica, situándose el afloramiento en el sector central del Sur de la Hoja. El conjunto limolítico tiene importancia dentro del Grupo Urbión y un mayor desarrollo hacia el sector NE de los afloramientos de este grupo. Sin embargo, hacia el SO las facies tienden a ser más arenosas o alternantes (C₁₁₋₁₂3), de gran monotonía, y es ésta la unidad que dentro de la Hoja tiene mayor extensión de afloramientos. Hay también dentro de esta unidad pequeñas variaciones laterales que originan las dos unidades restantes del grupo (C₁₁₋₁₂3s y C₁₂3), de composición litológica análoga, fundamentalmente samítica, y sin sobrepasar cada una en ningún caso los 80 m. de espesor.

Sintetizando, respecto a este grupo, aparte de las facies carbonáticas (Capas de Cabretón) que se sitúan al E o NE principalmente, hay dos facies de verdadera importancia que integran y dan cuerpo al grupo: las facies limolíticas de colores rojizos con abundante pirita (Ambas Aguas, etc.) y ocasionalmente yesos, que llegan a sobrepasar los 200 m. de potencia y las facies de alternancias samítico-pelíticas que superan los 700 m. en el sector SO.

1.2.4 GRUPO ENCISO (C₁₂₋₁₃4, C₁₂₋₁₄4, C₁₂₋₁₃4a, C₁₃₋₁₄c y C₁₃₋₁₄4)

Este grupo, aún con importantes tramos detríticos, se puede caracterizar como un conjunto margo-calcáreo, donde los tramos detríticos constituirían

las zonas de transición a los grupos Urbión y Oliván, infra y suprayacente respectivamente.

Tiene este grupo gran importancia superficial de afloramiento, y su potencia comprendida entre 400 y 700 m., no acusa la variación o disminución espectacular hacia el E o NE, que manifestaba el Grupo Urbión, lo cual, combinado con la diferenciación litológica entre los dos grupos, tiene gran importancia para obtener deducciones paleogeográficas.

Se han diferenciado cinco facies, con las que podemos hacer por analogías tres conjuntos:

a) $C_{12-13}4$ y $C_{13-14}4$ están definidas como «Alternancias samítico-pelíticas con calizas y margas intercaladas». Se sitúan principalmente a muro y a techo del grupo, aunque localmente hay tramos con esta litología en el medio de la serie.

Consta en realidad de una alternancia de areniscas, limolitas y arcosas con esporádicos bancos de calizas lacustres con lumaquelas, margas y excepcionalmente niveles de calcirruditas.

Hacia el Este se pierde la caracterización de estas facies, y en el Oeste puede tener como máximo de 200 a 280 m. de potencia.

b) $C_{12-14}4$ y $C_{12-13}4a$, denominadas «margas» y «limolitas rojas y margas», en que la segunda viene a ser como una subfacies de la primera. Dan importantes extensiones de afloramientos y tienen intercalados bancos de calizas y areniscas a veces en importantes tramos, pero que no llegan a ser cartografiables.

En la zona de Ambas Aguas son frecuentes los niveles carbonosos con abundante pirita y existen concentraciones de cristales de yeso de hasta 6 centímetros.

c) ($C_{13-14}4c$), calizas fétidas lacustres con pequeños niveles margosos intercalados y ocasionalmente areniscas. Tienen importancia en el sector NO de Ambas Aguas-Muro de Ambas Aguas, donde en el límite con la Hoja de Enciso alcanzan una potencia de 120 m.

Esta unidad en el sector Este es sustituida por las facies margosas.

1.2.5 GRUPO OLIVAN ($C_{14-15}5s$ y $C_{14-15}5$)

Este es el grupo superior de las facies Purbeck-Weald, situándose sus principales afloramientos en el sector Central y en el ángulo NO.

Dos facies se han diferenciado, que teniendo en la Hoja de Enciso (límite Oeste) una clara relación de superposición, este hecho no se verifica aquí.

Estas facies están definidas como «alternancias pelíticas-samíticas» ($C_{14-15}5s$), y «conjunto fundamentalmente limolítico ($C_{14-15}5$). El mayor afloramiento

ramiento es de la primera unidad en el sector comprendido entre Grávalos e Igea.

Precisamente en este afloramiento se observa una considerable disminución de potencia hacia el Norte, imposible de cuantificar al estar este borde fallado. La potencia máxima supera los 900 m.

La primera unidad (C₁₄₋₁₅Ss), está constituida por una alternancia muy rítmica y regular de cuarzo-arenitas y subarcosas plagioclásicas con abundante matriz sericítica y con niveles pelíticos. Los niveles más groseros tienen un marcado carácter lenticular. A mayor escala se observa una clara ritmicidad o alternancia de tramos de 10-15 m., fundamentalmente samíticos, con otros de 30-50 m. limolíticos. La variación lateral a las facies limolíticas, se estima cuando esos tramos samíticos pierden entidad. Son característicos de estas facies los colores rojos y violáceos.

1.2.6 EDAD DE LAS FACIES PURBECK-WEALD

Los datos que poseemos de los estudios de micro y macrofauna de la presente Hoja no son nada concluyentes en cuanto a la determinación precisa de la edad de los diferentes grupos.

A nivel de especie únicamente se ha clasificado la siguiente fauna:

Unio cf. *numantinus* (PALACIOS-SANCHEZ LOZANO)

Unio cf. *indubedae* (PALACIOS-SANCHEZ LOZANO)

Pleuroceras strombiformis (SCHLOTHEIM)

Paludina elongata (MANTELL)

Las dos primeras especies encontradas en el Grupo Urbión y las dos últimas en el Grupo Enciso.

Es interesante resaltar la presencia de huellas que únicamente se han localizado en lo que concierne a la Hoja, en el Grupo Enciso, encontrándose el mejor afloramiento de ellas en el punto donde la carretera de Grávalos a Fitero corta a los niveles de transición más altos del Grupo Enciso a escasos metros de la base del Grupo Oliván. Estas huellas por analogía con las estudiadas por CASANOVAS y SANTAFE (1971) en la Hoja de Enciso, que limita con ésta al Oeste, podemos afirmar que corresponden, en general, a Dinosaurios y dentro de éstos, a dos grupos distintos; las más pequeñas y estilizadas pertenecen a un Carnosaurio, tratándose, probablemente, del género *Megalosaurus* (BUCKLAND, 1824); las huellas mayores y más redondas parecen corresponder a *Iguanodon* (MANTELL, 1824).

La existencia de estas huellas, de indudable importancia, así como las especies citadas arriba, no resuelven nada respecto a la edad y únicamente nos confirman que estos sedimentos pertenecen al Jurásico Superior o Cretácico Inferior.

En la Hoja de Enciso y precisamente en la unidad de transición de este grupo con Urbión (C₁₂₋₁₃⁴), se ha encontrado la siguiente macrofauna:

Teruella gautieri, MONGIN
Unio cf. *Idubedae*, PALACIOS-SANCHEZ
Tamesnella? sp.
Cuneopsios sp.
Neomidon? cf. *nuculaeformis* (ROEMER)

U. Idubedae ha sido citado en las facies «Weald» de Soria por PALACIOS SANCHEZ. *T. Gautieri* es un nuevo género y especie estudiado por GUTIER y MONGIN. Procede del Cretácico Inferior en facies «Weald» de Teruel (tramo medio con intercalaciones calcáreas). Se encuentra, según trabajos posteriores de GAUTIER asociado a charáceas, que permiten atribuir a los niveles que los contienen en el lugar original de definición, una edad Hauteriviense-Barremiense Inferior. Sin embargo, aquí, según vamos a ver a continuación, estos niveles pueden corresponder al Hauteriviense Inferior e incluso al Valanginiense.

Los géneros *Tamesnella*, *Cuneopsis* y *Neomidon*, han sido citados por MONGIN (1963) en el Cretácico Inferior (Weald) del Sahara.

En la parte Sud-oriental de las Sierras de Cameros (MENSINK, 1967), la sedimentación de facies Purbeck-Weald sucede inmediatamente al Oxfordiense en facies marina, y tiene continuación por lo menos hasta el fin del Barremiense. Comienza la sedimentación de estas facies deltaico-continetales con la deposición de las «capas de Tera» y «capas de Oncala» (TISCHER, 1967), donde se cita la existencia de *Damonellas* y *Cetacella inermis* (MARTIN), ostrácodos de origen límnico que permiten datar al Grupo Tera y al Grupo Oncala, al menos en parte, como Kimmeridgiense Inferior.

En la parte media y superior del Grupo Oncala se citan (según el mismo autor), *Mantelliana purbeckensis* (FORBES) y *Cypridea granulosa* (SOW), especies del «Purbeckiense» de Inglaterra, por lo que alcanza en edad hasta el Berriasiense. La misma edad se da a la base del siguiente Grupo, Urbión, por fauna encontrada en las «calizas de Cabretón», aflorantes en esta Hoja y en la que limita al Sur solamente, llegando hasta el Barriasiense Superior, por lo que se piensa que la mayor parte de este Grupo está comprendida en el Valanginiense.

WIEDMAN (1965), estudió la fauna endémica de ostrácodos en las capas de Enciso, siguiente grupo en la sedimentación, y les da una edad Hauteriviense-Barremiense.

Esto mismo lo confirma BRENNER (1973), en un estudio más detallado de los ostrácodos y charáceas de los sedimentos de «facies Weald» del Norte de España.

La fase final de la sedimentación «Purbeck-Weald» está constituida por

una serie detrítica, llamada el Grupo o Formación Oliván (TISCHER, 1967), para la cual se le supone una edad Barremiense Superior-Aptiense basal (BRENNER y WIEDMAN, 1974).

1.3 CRETACICO: ALBENSE-CENOMANIENSE (C₁₆₋₂₁)

Este nivel aflora a lo largo de una franja que se sitúa entre Préjano y Villarroya y también al Norte de Grávalos.

Tienen estos materiales una posición anómala debido a la tectónica, puesto que cabalgan sobre los conglomerados terciarios de Turrucún y están cabalgados a su vez por el Jurásico.

Litológicamente está formado por una sucesión de secuencias, a veces completas, que empiezan con bancos de areniscas rojizas de forma lenticular, con la base normalmente erosiva, que presentan estratificación cruzada y a veces son algo conglomeráticas en la base. Le siguen areniscas grises en bancos de poco espesor con «mega-ripples» y «ripples». La parte superior consta de areniscas y limolitas grises pasando hacia arriba a limos arcillosos y a arcillas oscuras con la presencia de lechos de lignito, que han sido explotados hasta hace poco tiempo.

Las secuencias no suelen tener una potencia superior a los 10 m., por lo menos en la parte más Noroccidental, donde se pueden observar mejor.

En la zona del Barranco Ordoyo, al Noroeste de Grávalos, se encuentran en la parte alta de la serie unos bancos de calizas arcillosas y arenosas con abundante fauna. En las muestras recogidas se han clasificado:

Ophtalmiduim sp.

Thomassinella punica

así como ostreidos (*Exogyra*), gasterópodos, ostrácodos, Briozoarios y restos de equinodermos, lo que parece indicar una edad Cenomaniense basal.

1.4 Terciario

Los materiales del Terciario Continental representados en esta Hoja, tienen un gran interés desde el punto de vista de distribución de facies dentro de la cubeta sedimentaria del Ebro. Se da la especial circunstancia de que en esta región y más al Norte, en la Hoja colindante de Calahorra (24-11), concretamente entre Arnedo, Quel, Turrucún, Villarroya y Grávalos, se distribuyen las facies marginales (conglomerados, areniscas, limos y arcillas) más antiguas del borde meridional de la Depresión del Ebro. Son inferiores al nivel de «Yesos de los Arcos» o «nivel R» (Hoja de Viana, 23-09), definido por RIBA (1964) y CRUSAFONT et al. (1966), y que dichos autores utilizan para separar el Oligoceno del Mioceno. Nosotros lo hemos

tomado como separación del Chattiense-Aquitaniense Inferior del resto del Mioceno.

Por el borde oriental de la Hoja, entre Grávalos y Fitero, se extiende la cuenca sedimentaria Miocena, que constituye una prolongación del ambiente sedimentario de influencia marcadamente continental que caracteriza la sedimentación Oligocena.

Por último, sobre el Mesozoico y las facies detríticas del Terciario descansan en discordancia de una manera discontinua, unos conglomerados formados por gravas y bloques poligénicos envueltos en una matriz arenosolimsa poco coherente. Antiguamente, se atribuían al Cuaternario, pero se ha podido comprobar que son de edad Mioceno (Vindoboniense-Pontiense), tal como lo indicó RIBA (1955) anteriormente, basándose, a falta de argumentos paleontológicos, en consideraciones tectónicas y geomorfológicas.

Desde el punto de vista sedimentológico, estos depósitos terrígenos de la cubeta del Ebro corresponden a la molasa que se deriva de la Cordillera Ibérica.

Dentro de la molasa pueden distinguirse dos grandes facies deposicionales: los conglomerados de Turrucún, Arnedo, Fitero y Yerga, que corresponden a conos aluviales (una molasa proximal). La otra facies, esencialmente arenosa, es la de la molasa de zona de dispersión de sedimentos, depositada por corriente fluvial con menos pendiente deposicional que la primera, en superficies que en la morfología actual serían calificadas de glaciais de depósito (una molasa distal, o cono distal). Esta facies estaría representada por la subserie arenosa de Arnedo y por la formación Alfaro (Formación de Nájera). El tránsito a las facies anteriores es gradual y vendría dado por la formación Cascante, de canales conglomeráticos.

Esta última molasa da lugar a las molasas fluvioacustres, depositadas en «flats» o llanuras, las cuales se indentan con las facies calcáreas o evaporíticas de centro de cubeta.

El Terciario continental, desde un punto de vista paleontológico, se caracteriza en general por la escasez de restos vertebrados fósiles, porque los pocos gasterópodos encontrados no tienen un valor estratigráfico claro, ya que los microorganismos recogidos (oogonios de Charáceas y Ostrácos) tienen un valor estratigráfico relativo, debido principalmente a la sedimentación de los mismos, y, finalmente, porque gran número de muestras, son azoicas. Estas circunstancias hacen que dispongamos de muy pocos puntos de apoyo paleontológicos para el establecimiento de los límites cronoestratigráficos.

Por consiguiente, la cartografía se ha tenido que basar en el estudio de las facies litológicas y de las correlaciones a partir de los niveles guías y de las líneas fotogeológicas, salvando una serie de dificultades debidas a la variada distribución de los depósitos, a la disposición diácrona de las facies, etc.

1.4.1 OLIGOCENO

Conglomerados de Turruncún. Unidad (T_{c3})

La secuencia litológica de esta formación está constituida por una alternancia de bancos de conglomerados, areniscas, arcillas y limos, de colores rojizos. En esta secuencia predominan los conglomerados.

Estos conglomerados están integrados por cantos heterométricos y poco rodados de caliza, dolomía, cuarzo, cuarcita, arenisca y rocas volcánicas, aunque predominan los de caliza, con abundante matriz arenoso-limosa. Presentan frecuentes lentejones de arenisca intercalados.

Las areniscas están constituidas de granos fundamentalmente calizos de tamaño medio a grueso y poco coherentes. Engloban lentejones de conglomerados, así como cantos aislados. Los bancos tienen una potencia media de 1 a 2 m., aunque, a veces, sobrepasan los 5 m. Los bloques de los conglomerados pueden alcanzar el metro de diámetro máximo. Estos materiales están muy poco clasificados, si bien hay una tendencia a predominar los cantos más gruesos en un banco y los más finos en otro.

Debido precisamente a esta distribución, grosera pero rítmica a la vez, de elementos gruesos y finos, la estratificación es muy marcada. Generalmente carecen de estructuras sedimentarias.

Son muy frecuentes los cambios laterales de facies entre estos materiales.

La potencia mínima de esta serie, fallada por el techo y el muro, es superior a los 1.100 m.

1.4.2 CHATTIENSE-AQUITANIENSE

Formación Arnedo. Unidades (T_{c33}^A y T_{c33-11}^{A-Ba})

1.4.2.1 **Unidad (T_{c33}^A)**

Litológicamente consiste en una alternancia de conglomerados, areniscas y limos arcillosos, de color rojo ladrillo, en la que, por lo general, predominan los elementos finos sobre los gruesos a excepción de los niveles inferiores, que afloran en Préjano (Hoja de Calahorra, 24-11), donde ocurre lo contrario. En este caso, resulta muy difícil diferenciar estos conglomerados de los del Turruncún, infrayacente, por ser de características litológicas similares. Por este motivo, no sabemos a ciencia cierta si en el corte de Préjano a Arnedo están representados únicamente los conglomerados basales de esta unidad o están representados ambos, en secuencia continua, lo que parece más probable.

Los bancos tienen una potencia, normalmente comprendida entre 1,5 y 3 m.

La fracción detrítica de los conglomerados y de las areniscas, muy heterométricas dentro de cada banco, es fundamentalmente caliza, aunque también está formada por cantos y granos de cuarzoarenitas y arenitas procedentes de la erosión de la serie Weáldica.

Las areniscas, poco coherentes, engloban cantos sueltos y pequeños lentejones de conglomerados, y, a su vez, los conglomerados presentan capas lenticulares de areniscas, interestratificadas, así como abundante matriz arenosa.

Frecuentemente, los bancos de areniscas pasan lateralmente a conglomerados y viceversa.

La potencia mínima de esta unidad, considerándola en toda su extensión (Hoja de Calahorra, 24-11), supera los 1.000 m. Es totalmente azoica y muy difícil de correlacionar. Por la posición estratigráfica probablemente pertenezca al Chatiense-Aquitaniense, aunque quizá baje en edad hasta el Oligoceno Medio.

1.4.2.2 **Unidad (T_{c33-11}^{A-Ba}Cg)**

Está integrada por conglomerados masivos en los que se intercalan finos niveles de areniscas y de limos arcillosos de color rojo, que lateralmente se acuñan.

Los conglomerados, bien consolidados, están constituidos por cantos poco rodados de caliza, arenisca, cuarzo y cuarcita, muy heterométricos, de tamaño de arena a bloques de casi medio metro, con una gradación grosera.

Entre el Gatún y Quel Romeral, al Norte de la Hoja, se observa cómo las capas conglomeráticas, que vienen desde Arnedo y Quel cerrando periclinalmente, descansan en discordancia sobre los conglomerados inferiores y más buzantes del Turruncún-Villarroya, que además presentan aquí rumbo diferente.

Estos conglomerados pasan lateralmente a la facies detrítica referida anteriormente, en la que predominan los elementos finos.

Los cambios de facies implican grandes variaciones de potencia de un punto a otro. En cualquier caso, el espesor de este tramo está siempre por encima de los 200 m.

Aunque es un tramo azoico, está limitado en el techo por un nivel de yesos semejante al nivel de «Yesos de Los Arcos» o «nivel R» (Hoja de Calahorra, 24-11), que fue propuesto por RIBA (1964) y CRUSAFONT et al. (1966) para separar el Oligoceno del Mioceno, y que nosotros lo utilizamos para separar el Chatiense-Aquitaniense del resto del Mioceno. Por consi-

guiente, este tramo puede atribuirse por la posición estratigráfica al Chatiense-Aquitaniense.

1.4.3 AQUITANIENSE-VINDOBONIENSE

1.4.3.1 Formación Fitero. Unidad (T_{c11}^{Ba-Bc} cg)

Los conglomerados que básicamente integran la serie, son de características litológicas similares a los de Arnedo, en cuanto a naturaleza, tamaño y procedencia análoga del canto, si bien se diferencian en que en una gran parte, se ven interrumpidos por la presencia de elementos finos, areniscas, limos y arcillas, de color rojo, constituyendo una auténtica alternancia.

Los conglomerados en este caso se presentan en capas de espesor variable, que puede estar comprendido entre los 0,5 y 1,5 m., o bien en bancos masivos. Los tramos arcillo-limosos son más potentes, mientras que las capas de areniscas son siempre más finas, por lo general de menos de 0,50 m. de espesor.

La fracción detrítica de los conglomerados está compuesta por una variada gama de bloques y cantos poligénicos, abundando sobre todo los de las calizas mesozoicas, aunque también hay cantos de arenisca, cuarzo y cuarcita.

Los cantos son muy heterométricos, encontrándose tamaños que oscilan entre 3 y 50 cm., poco rodados y mal clasificados, presentándose, por lo general, trabados todos por un cemento calcáreo y una matriz arcillo-arenosa de color rojo.

Los terrígenos que componen las areniscas son normalmente cuarzo y fragmentos de rocas, en especial de caliza. El cemento es calizo, a veces bastante recristalizado.

Estos conglomerados, como se puede apreciar en el km. 22 de la carretera de Grávalos a Alfaro, se encuentran discordantes sobre el Jurásico marino. Anteriormente se apuntó (JEREZ y ESNAOSLA, 1969) la posibilidad de que esta discordancia fuera de la misma edad que la observable entre el Gatún y Quel Romeral, entre los conglomerados de Arnedo y los del Turruncún.

Parece ser que, aunque estas facies son de la misma naturaleza que los conglomerados de Arnedo y se disponen en secuencia continua con los mismos, son más modernos, ya que están situados por encima del nivel de «Yesos de Los Arcos» o «nivel R» que separa el Chatiense-Aquitaniense, al que pertenecen los conglomerados de Arnedo, del resto del Mioceno, por lo tanto, esta discordancia es algo más tardía.

Dadas las características sedimentológicas y los cambios de facies que afectan a estos depósitos, la potencia total es difícil de conocer y por otra parte, la potencia de los niveles representados en la Hoja varían según

el lugar que se considere. El espesor visible en la Hoja supera, por lo general, los 100 m.

En esta región sólo están representados los términos inferiores de la unidad, que por la posición estratigráfica, pertenecen al Aquitaniense-Burdigaliense. Hacia el Sur, a medida que la serie alcanza un mayor desarrollo, se va haciendo paulatinamente más moderna, pudiendo llegar hasta el Vin-doboniense, e incluso es posible que en la Hoja del Tarazona (25-13) sea ya Pontliense.

1.4.3.2 Formación Cascante. Unidad (T_{c11}^{Ba-Bc}s)

Representa el tránsito gradual entre la Formación Fitero y la Formación Alfaro (Formación Nájera, Molasa de Nájera; RIBA, O., 1964).

Litológicamente está formada por arcillas y limos pardo-amarillentos y rojizos con esporádicas intercalaciones de conglomerados y de areniscas en capas que, en esta zona, no sobrepasan el metro. Hacia el E y SE (Cintruéñigo-Cascante) esta formación es más detrítica, enriqueciéndose en conglomerados en las partes más marginales. En la zona de Cascante hay que destacar también la presencia de esporádicos niveles de yeso y de caliza, que normalmente no superan el metro de espesor. Las arcillas y limos contienen bastante yeso disperso, y yeso fibroso secundario rellenando grietas oblicuas a la estratificación.

Los conglomerados representan depósitos de canal de tipo anastomoso, en los que hay también areniscas groseras. Las arcillas y los limos, junto con las areniscas finas, se depositan en las zonas laterales superiores a los canales.

Los paleocanales presentan una estratificación cruzada, a gran escala, muy marcada, y las areniscas de grano fino suelen tener ripples de corriente.

Los conglomerados están constituidos por cantos subredondeados bastante bien clasificados, de caliza, arenisca, cuarzo y cuarcita principalmente, con cemento calcáreo y matriz arenoso-limosa coherente.

Las areniscas, que a veces engloban cantos aislados, constan, fundamentalmente, de granos de cuarzo y de fragmentos de roca, especialmente de caliza, trabados por un cemento calcáreo y una matriz-limosa, que, por lo general, incluyen abundante yeso.

Las capas de arenisca tienen un espesor de 5 a 50 cm., algunas de las cuales forman paleocanales de reducidas dimensiones.

Las calizas probablemente se depositaron en zonas restringidas entre los canales conglomeráticos y arenosos.

La potencia total del tramo es muy difícil de conocer, puesto que no se

ve en ningún caso la base del mismo. No obstante, la serie aflorante en esta región tiene un espesor aproximado de unos 100 m.

Las muestras recogidas no han dado ninguna indicación en cuanto a edad, puesto que son azoicas.

Por la posición estratigráfica, esta unidad, cuyos términos superiores correlacionables con el yacimiento de vertebrados de Monteagudo (Hoja de Tarazona, 25-13) pertenecen al Vindoboniense, puede atribuirse en el área estudiada al Aquitaniense-Burdigaliense.

1.4.3.3 Formación Alfaro. Unidad (T_{C11}^{Ba-Bc})

Esta unidad, que lateralmente cambia de facies hacia el Sur con la Formación de Cascante ya descrita, está formada por arcillas y limos de tonos rojizos y a veces, pardo-amarillentos, con esporádicas intercalaciones de areniscas.

Las areniscas, se caracterizan por tener una fracción importante de yeso, escaso cemento calcáreo y abundante matriz arcillo-limosa incoherente. Al Este, en las inmediaciones de Corella (Hoja de Tudela, 25-12), la proporción de yeso llega al 55 por 100, mientras que la de cuarzo varía entre el 20 y el 30 por 100.

Por lo general, se disponen en capas de extensión lateral reducida, y de 5 a 50 cm. de espesor, algunas de las cuales corresponden a depósitos de canal.

Hay que destacar la gran abundancia de yeso disperso en las arcillas, así como de yeso fibroso en finas hiladas interestratificadas o rellenando grietas oblicuas a la estratificación.

La potencia mínima calculada en este tramo, ya que la total no se conoce por no aflorar la base ni estar representado el techo, es de unos 100 m. No obstante, esta unidad puede sobrepasar los 350 m.

Las muestras recogidas son azoicas, pero hacia el Este, en la Hoja colindante de Tudela, se ha encontrado los siguientes microorganismos:

Cypridopsis cf kinkelini LIENENKIL

Candona aff. recta DICKINSON y SWAIN

Chara cf. media GRAMBAST

Chara 3

Chara 7

asociación que caracteriza el Aquitaniense Superior-Burdigaliense. Esta unidad, hacia el Sur (Hoja de Tarazona, 25-13), creemos que llega al Vindoboniense, entre otras cosas teniendo en cuenta la correlación de las capas más altas con el yacimiento de vertebrados de Monteagudo, datado como Vindoboniense Superior (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966).

1.4.4 PONTIENSE

Formación de Yerga. Unidades (T_{c12}^{Rc} cg y T_{c12}^{Rc} as)

Estas unidades están separadas del Mesozoico y del Paleógeno-Neógeno continental plegado, por una discordancia angular muy tenue, no observándose más que un suave contraste morfológico entre las capas inferiores y superiores, que se manifiestan solamente a cierta distancia.

Litológicamente consisten en conglomerados, cuya composición es de gravas y bloques no muy rodados, de cuarcitas y pizarras paleozoicas, y de calizas y de areniscas mesozoicas, con predominio de las primeras en la parte culminante, envueltas en una matriz arenosa poco coherente. Presentan colores grises o parduzcos y una estratificación poco aparente.

Dichos conglomerados antiguamente eran considerados como depósitos Cuaternarios de diferentes tipos, tales como morrenas glaciares (SANCHEZ LOZANO, 1894), depósitos de ladera, terrazas y conos de deyección (SCHRIEL, 1930). Posteriormente, se ha comprobado que esto no es posible y que dichos depósitos no pertenecen al Cuaternario. Así, pues, RIBA (1955), en una nota sobre la edad de los conglomerados, atribuye a los mismos una edad Vindoboniense-Pontiense, basándose en una serie de consideraciones tectónicas y geomorfológicas.

Nuestra opinión al respecto es que son Pontienses o, incluso, más altos, ya que en el sector más Suroriental (Hoja de Tarazona, 25-13) descansan discordantes sobre la Formación Fitero que, como se ha podido demostrar, en esta zona llega al Pontiense.

En el ángulo Suroriental hay una variación lateral más arcillosa que es lo que constituye la segunda unidad atribuida al Pontiense.

1.4.5 PLIOCENO-CUATERNARIO

Villafranquiense (T_{c21}^{R3} -Q₁₁)

Los depósitos que forman este nivel, que ocupa una mancha reducida al Sur de Villarroya, tienen una potencia que se acerca a los 200 m. Por su disposición es difícil observar las características de los materiales a excepción de la zona por donde baja la carretera hacia Cornago y algún pequeño camino que va en la misma dirección. Aquí se pueden observar las capas inferiores formadas por arcillas y calizas arenosas blancas con gran abundancia de gasterópodos, que ya VILLALTA (1952) clasificó como de los géneros *Hydrobia*, *Planorbis* y *Helix*, siendo los ejemplares del primero de ellos, los más abundantes.

Por encima de estas capas inferiores empiezan los niveles detríticos de

color rojo en los que alternan capas de conglomerados poligénicos de cantos bien rodados, con niveles de materiales finos, arcillas y limos y también de arenas bastante sueltas.

En uno de estos niveles más finos es donde se ubica el yacimiento fosilífero de Villarroya estudiado por J. F. DE VILLALTA en 1952, con gran riqueza paleomastológica y que ha permitido datar estos materiales como Villafranquiense Inferior.

En la parte alta del afloramiento es difícil distinguir estos materiales de los glaciares por ser de constitución litológica muy parecida.

1.5 CUATERNARIO

1.5.1 GLACIS: CONGLOMERADOS, ARENAS Y LIMOS (Q₁G)

Los glaciares tienen gran desarrollo en el Noroeste de la Hoja. En la mayoría de los casos se han formado a expensas de los conglomerados Oligo-Miocenos y, por tanto, heredan algunos importantes caracteres texturales, como la redondez, color, etc. En algunos casos estos glaciares pueden estar algo cementados, aunque lo normal es que tengan una matriz arcillo-limosa que les da poca cohesión a los materiales. Hacia el Este muchos de los glaciares enlazan con las terrazas del río Alhama.

1.5.2 CUATERNARIO INDIFERENCIADO (Q)

Se agrupan aquí los materiales recientes de caracterización problemática, debido principalmente a la conjunción de dos o más procesos diferentes.

1.5.3 TERRAZAS Y GLACIS: GRAVAS, LIMOS Y ARCILLAS (QGT)

En la zona de Fitero existen unos depósitos cuaternarios en los que es difícil separar las terrazas del glacis, por lo que se han cartografiado conjuntamente.

1.5.4 ALUVIAL: GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS (QAI)

Depósitos recientes asentados en los valles de los principales ríos y arroyos. Alcanzan verdadera importancia los originados por el río Linares, el río Alhama, Arroyo del Cañizal y Arroyo de Añamaza.

1.5.5 DERRUBIOS DE LADERA (QL)

Materiales alojados en las laderas de relieves importantes tras un escaso transporte. Tienen matriz fangolítica con tamaño y composición clástica heterogéneos.

Sus afloramientos son escasos y se concentran fundamentalmente en el ángulo SO de la Hoja.

1.5.6 CONOS DE DEYECCION (QCd)

Litológicamente análogos a los derrubios de ladera, aunque normalmente el transporte es ligeramente mayor, lo cual ha de reflejarse en una menor inmadurez. Se diferencian de los derrubios de ladera por su extensión en abanico a favor de la pendiente.

1.5.7 CAUCE ACTUAL: CONGLOMERADOS Y ARENAS (Q₂A1)

Depósitos fluviales actuales de llanura de inundación pertenecientes a los cauces de los ríos Linares y Alhama principalmente.

2 TECTONICA

Por la situación de la Hoja en el enmarque geológico regional, se puede diferenciar desde el punto de vista tectónico tres conjuntos. Uno de ellos estaría constituido por lo que hemos dado en llamar «franja tectonizada»; franja con un sentido global NO-SE, y que separa entre sí los otros dos dominios o conjuntos, que son la cuenca de sedimentos en facies Purbeck-Weald, perteneciente al bloque de la Sierra de Cameros situado al SO, y el dominio de sedimentos Terciarios pertenecientes a la Depresión del Ebro en el NE.

2.1 TECTONICA DE LA FRANJA LIMITE ENTRE LA DEPRESION DEL EBRO Y LA SIERRA DE CAMEROS

Esta franja está constituida estratigráficamente por los materiales más antiguos, es decir, por el Triásico y Jurásico, además del Albense en facies «Utrillas-Escucha», que tiene una importancia tectónica indudable por su carácter plástico.

En conjunto el esquema de la franja tectónica corresponde a la zona de cabalgamiento del Mesozoico sobre el Terciario. En el sector comprendido

entre Peña Isasa y Villarroya, en el NO de la Hoja, la franja tiene una orientación ONO-ESE, y se trata aquí de un doble cabalgamiento, ya que el Jurásico cabalga al Albense, y éste a su vez al Terciario continental, concretamente a los conglomerados del Oligoceno, ya que los conglomerados del Mioceno Superior o «conglomerados del Monte Yerga» se disponen discordantemente encima de los demás materiales fosilizando el accidente. Tal es el caso del klippe del cerro Gatún al Norte de Villarroya, donde Jurásico y Triásico se superponen al Oligoceno, siendo fosilizado parte del klippe por los citados conglomerados Miocenos.

Al Este de Villarroya, la estructura cabalgante queda totalmente enmascarada por el Cuaternario y Villafranquiense, al ser una zona deprimida que obedece probablemente a un sistema de fallas normales. Entre este Cuaternario y el Monte Yerga los frentes de cabalgamiento se inflexionan adoptando una dirección E-O. Aquí la serie Jurásica está invertida y las areniscas del Malm cabalgan sobre el Albense.

Inmediatamente al Sur del Monte Yerga hay un apilamiento apretado de escamas tectónicas orientadas según la dirección E-O, que afectan al Triásico, al Jurásico y al Albense. Las margas que hay en el Albense, las del Lías-Bajociense y las del Keuper, han facilitado el despegue y formación de las escamas. En esta zona son muy abundantes los afloramientos de basaltos que suelen ir ligados a los afloramientos de las carniolas del Rhetiense-Hettangiense.

Al Este de Grávalos, el Jurásico termina por desaparecer, si exceptuamos las carniolas, a la vez que empieza el extenso afloramiento de Keuper que se extiende hasta el Sur de Fitero. Solamente a la altura de Cuévaros volverá a aparecer el Jurásico.

Discordantemente encima del Keuper se disponen los conglomerados del Terciario Continental.

Atendiendo a lo que se observa en esta Hoja parece ser que el juego tectónico coincide con lo que dice TISCHER (1966) y vendría marcado por los siguientes movimientos Terciarios.

a) Hundimiento del bloque del Ebro, con deposición subsiguiente de conglomerados de borde.

b) Levantamiento y en muchos sitios cabalgamiento del borde de la sierra sobre el continental.

c) Hundimiento del sector meridional de la «franja tectonizada», facies Purbeck-Weald, con un salto de falla, que localmente podría ser superior a 1.000 m.

Finalmente TISCHER habla de movimientos posteriores de desplazamiento horizontal de los bloques de la Sierra y de la Depresión del Ebro.

Previamente a la deposición de las facies Purbeck-Weald, es decir, en el Calloviense-Oxfordiense, lo que hemos llamado la «franja tectonizada»

empieza a actuar ya como zona de fractura propiamente o como de flexión, originando una subsidencia muy importante inmediatamente al S o SO de ésta, es decir, donde se han depositado las mayores potencias de las facies citadas.

Una serie de fallas de dirección, a grandes rasgos, NNO-SSE, afecta a todos los materiales Jurásicos e incluso a los de Weald, desde el borde Noroccidental de la Hoja hasta la zona de Grávalos. No sabemos si estos accidentes podrían corresponder a esta última fase que cita TISCHER, pero en cualquier caso son posteriores a la fase de hundimiento de la Sierra que provoca la falla normal que pone en contacto el Jurásico con el Weald.

La cubeta hundida de la zona de Villarroya, donde se han originado los depósitos villafranquienses, indica que los movimientos han existido hasta épocas muy recientes.

2.2 ESTRUCTURAS PRESENTES EN EL TERCIARIO CONTINENTAL

Los conjuntos detríticos del Oligoceno y Mioceno de Turruncún y Arnedo se disponen formando un gran abombamiento subelíptico, cuyo flanco meridional, comprendido entre Préjano (Hoja de Calahorra, 24-11) y Yerga, se ve trastornado y cabalgado por el Mesozoico del borde meridional. A su vez el interior de esta amplia estructura «domiforme» presenta, como se puede observar en la Hoja de Calahorra (24-11), estructuras menores, tales como pequeños repliegues anticlinales y sinclinales.

Las características tectónicas de los materiales Miocenos son, a grandes rasgos, monótonas y sencillas. Se presentan formando una serie monoclinal, con buzamientos muy suaves hacia el NE, y sólo en la parte más meridional, en contacto con la franja tectonizada, se puede apreciar un aumento en la inclinación de las capas.

Al Norte, estas capas se ven afectadas por un pequeño pliegue anticlinal de carácter local.

Cabe señalar, asimismo, la existencia de tres discordancias.

1. Entre el Monte Gutún y Quel Romeral, los conglomerados de Arnedo, que vienen desde Arnedo a Quel por el Norte, cerrando periclinalmente, descansan discordantemente sobre los conglomerados inferiores y más buzantes de Turruncún, que además presentan aquí dirección diferente.

2. Dentro de la alineación tectónica Monte Yerga-Baños de Fitero, las relaciones del Terciario con el Mesozoico son mediante discordancia, como se puede apreciar en el km. 22 de la carretera de Grávalos a Alfaro.

3. Por último, existe otra discordancia entre el Terciario plegado y los conglomerados de techo del Mioceno.

Las edades de estas discordancias son fini-Oligocenas, intra-Miocena y fini-Miocena, respectivamente.

2.3 ESTRUCTURAS PRESENTES EN LAS FACIES PURBECK-WEALD

Las facies Purbeck-Weald en este sector de la Sierra de Cameros están afectadas por estructuras de plegamiento y fallas de distensión que no suelen tener excesiva importancia, si se exceptúan las que limitan estos materiales de los Triásicos y Jurásicos marinos.

Los pliegues tienen, en general, buzamientos muy suaves en los flancos, casi siempre comprendidos entre 10 y 30 grados. Las características geométricas más importantes son los cambios de orientación de unos pliegues respecto a otros y las inflexiones dentro del eje de un mismo pliegue. Estos cambios de dirección están relacionados con los cambios que se efectúan en la «franja tectonizada». Así, en general, y en lo que respecta a esta Hoja, los pliegues generalmente adoptan una dirección ONO-ESE, que viene a ser la que en líneas generales tiene la estructura citada.

Dentro de la suavidad general de buzamientos se observa una ligera vergencia hacia el NE. No ocurre esto, sin embargo, en el sinclinal situado al Sur de Grávalos, donde por efecto de la fractura cuyo trazo discurre inmediatamente al Sur de dicha localidad, con una dirección general E-O, provoca que en el flanco Norte del sinclinal los buzamientos superen los 50°.

Hay una estructura anticlinal en el SE de la Hoja que tiene gran importancia, aunque aquí esté muy atenuada; se trata del anticlinal de Pégado, que tiene una extraordinaria importancia en la Hoja situada al Sur (Agreda). En general, dentro del área que nos concierne tiene una dirección global pero muy difusa NNO-SSE. Este anticlinal puede considerarse como la continuación de la estructura del Moncayo, el cual ha condicionado la sedimentación de las facies Purbeck-Weald, parcialmente.

Otro pliegue reseñable en la Hoja es el que se sitúa al NE de Cornago en las facies del Grupo Oliván. Este sinclinal, de dirección NO-SE, sufre una doble inflexión y el tramo central tiene la dirección N-S. Por otra parte, aparece en el ángulo NO el extremo del eje del sinclinal de Peroblasco, localidad que se sitúa fuera de la Hoja.

Se observan aquí también inflexiones bruscas que no alteran el sentido de los buzamientos, pero sí éstos de una forma contundente. Es lo que hemos llamado inflexiones «en rodilla», asimilables a una antiforma, como es el caso de la situación al SO de Cuévanos, y las inflexiones «en codo», asimilables a una sinforma cuyo caso se da en el ángulo SO de la Hoja.

En cuanto a las fracturas en estas facies son prácticamente todas de gravedad y con dirección predominante NO-SE. A este sistema corresponden aquellas fallas que ponen en contacto las facies Purbeck-Weald con la franja tectonizada. Alguna de estas fracturas tiene un componente de desplazamiento horizontal, como se observa inmediatamente al N de Muro de Ambas Aguas, que puede ser debido a fenómenos de compresión muy

localizados. Muy importante es el conjunto de fallas pertenecientes a este sistema que desde el sector de Muro de Ambas Aguas se prolonga hacia el SE pasando por la zona de Cornago; este sistema de fallas se prolonga aún más al Sur, hasta dentro de la Hoja de Agreda.

Mucha menor importancia tienen las fracturas con dirección NE-SO.

Hay una fractura de gran importancia, a la que ya hemos aludido, y es la que está situada inmediatamente al Sur de Grávalos, con sentido E-O y de trazo ligeramente sinusoidal. El juego de esta fractura es probable que parcialmente haya sido inverso y haya actuado como una fractura conjugada con el frente de cabalgamiento, aunque la escasez y calidad de los afloramientos impidan asegurarlo con toda firmeza. Se ha especulado sobre la importancia del salto de esta falla valorándolo entre 3.000 y 5.000 m., ya que llega a poner en contacto el Grupo Oliván con el Jurásico; no obstante pensamos que ese hipotético salto puede ser más reducido debido a que los diferentes grupos de las facies Purbeck-Weald, según la tónica general de toda la Sierra de Cameros, sufren una considerable disminución de potencias en las proximidades de la «franja tectonizada», que como ya hemos reseñado debió tener importancia ya entonces como condicionante de la sedimentación de estas facies, y, por tanto, no sería necesario un salto de falla de tal magnitud.

3 HISTORIA GEOLOGICA

3.1 HISTORIA GEOLOGICA DEL TRIASICO Y JURASICO MARINO

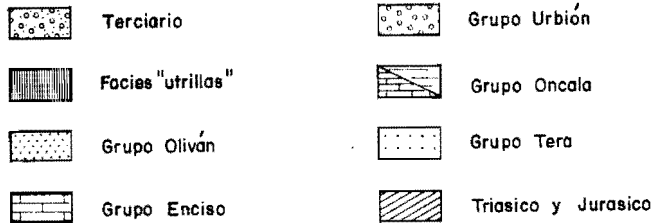
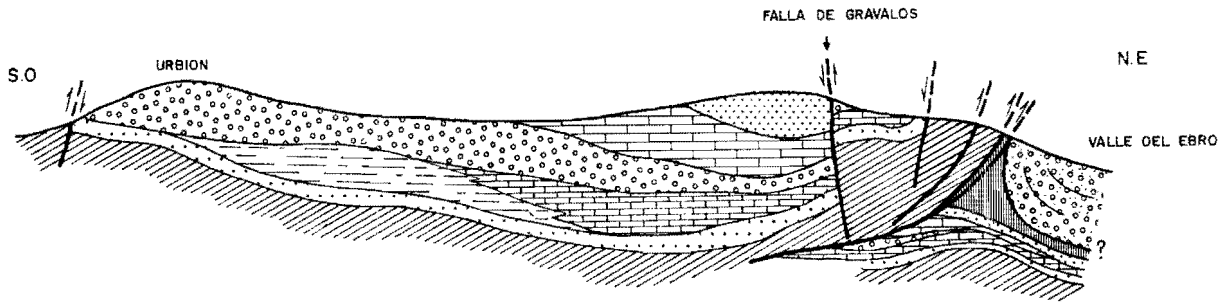
Después de la sedimentación de las evaporitas alternantes con niveles de terrígenos finos que tiene lugar durante el Keuper, en un medio probablemente lagunar, se produce la extrusión de los basaltos, que son muy abundantes en la zona, y especialmente desde los Baños de Fitero hasta el Norte de Grávalos.

En muchos afloramientos se observan los basaltos entre los yesos del Keuper y las «carniolas», sin embargo, debido a los efectos tectónicos y a la plasticidad de los materiales, hay zonas donde los yesos no aparecen.

Es difícil poder decir si la extrusión se efectuó cuando todavía se estaban depositando las evaporitas o bien posteriormente, aunque sí parece claro que, de cualquier modo, fue anterior a la deposición de las carniolas.

Durante el Rhetiense-Hettangiense se sitúa el comienzo de una transgresión, con la ubicación en la zona de un mar no muy profundo, en el que se van depositando los materiales originarios de las carniolas y las calizas hasta el Sinemuriense Superior.

I. VALLADARES (1976) supone para este conjunto un medio «tidal-flat»,



Corte estructural de la Sierra de Cameros y su relación con la depresión del Ebro

carbonatado, de condiciones extremas, que se acentúan al avanzar el tiempo con un clima árido, oscilando entre la parte más interna de la zona intramareal y la supramareal.

Esta sedimentación se mantiene hasta el Sinemuriense Superior, donde, la presencia de facies oolíticas puede ser producto de una sedimentación intertidal (base de la zona Raricostatum), época en la que se produce un gran avance del mar, cuyo máximo transgresivo se alcanza durante el Pliensbachiense. Posteriormente, por medio de una serie de movimientos reflejados en los materiales del Pliensbachiense Superior se pasa a un dominio netamente marino de plataforma interna, de poca energía, que continúa hasta el Liásico superior, si bien MENSINK (1966) cita la falta de sedimentación en el Toarciense Inferior (z. Tenuicostatum y Falcifer.)

Hasta el Dogger se mantiene este medio nerítico con influencia pelágica, con una disminución progresiva de la batimetría, si bien las irregularidades que muestran los análisis sedimentológicos, hacen pensar, tal vez, en una cuenca de fondo irregular, con umbrales condicionados por un área continental cercana.

Durante el Bajociense se pone de manifiesto una diferenciación en la cuenca Jurásica, destacándose como zona elevada el umbral de la Demanda, y se instaura en los alrededores de ésta un mar poco profundo.

La plataforma (VALLADARES, 1976), queda dentro de la influencia del oleaje, con aguas claras de salinidad normal y energía moderada, lo que favorece el crecimiento de esponjas.

A partir de este momento la regresión se pone de manifiesto claramente, instaurándose cada vez condiciones más someras. En el Bathoniense Superior, la presencia de una barra oolítica y clástica, sugiere un medio de alta energía, con agitación continua y escasa profundidad. Estas condiciones se mantienen hasta el Calloviense, ya que persiste la litología calcarenítica. En el Calloviense-Oxfordiense comienza ya la deposición de sedimentos fluvio-lacustres, es decir, de las facies Purbeck-Weald.

3.2 HISTORIA GEOLOGICA DE LAS FACIES PURBECK-WEALD

Por movilizaciones del zócalo combinadas con la elevación del «Macizo Castellano», primero, al SO de la cuenca y posteriormente, durante el Berriasiense, el «Macizo del Ebro» al N (BEUTHER & TISCHER, 1955) se inicia a partir del Calloviense-Oxfordiense una fase de gran subsidencia que ha de durar hasta el Aptense. Se origina el depósito de una potente serie de las facies llamadas por nosotros de forma global «Purbeck-Weald». Estos materiales constituyen, prácticamente, la totalidad de las Sierras de Cameros en sentido amplio, y utilizamos los datos regionales de los autores citados para un mejor esclarecimiento de la paleogeografía.

La gran potencia de estas series constituidas esencialmente por materiales detríticos y en menor proporción por materiales carbonáticos con fósiles dulceacuícolas, unido al estudio de las estructuras sedimentarias, nos manifiesta una sedimentación perteneciente, en general, a un medio deltáico.

A grandes rasgos, se pueden establecer las variaciones laterales de los diferentes grupos definidos, partiendo de la base de que existe una heterocronía dentro de cada grupo que queda reflejada de una forma aproximada en el esquema adjunto, elaborado en base a las aportaciones que respecto a la edad han sido hechas por BRENER & WIEDMAN (1974).

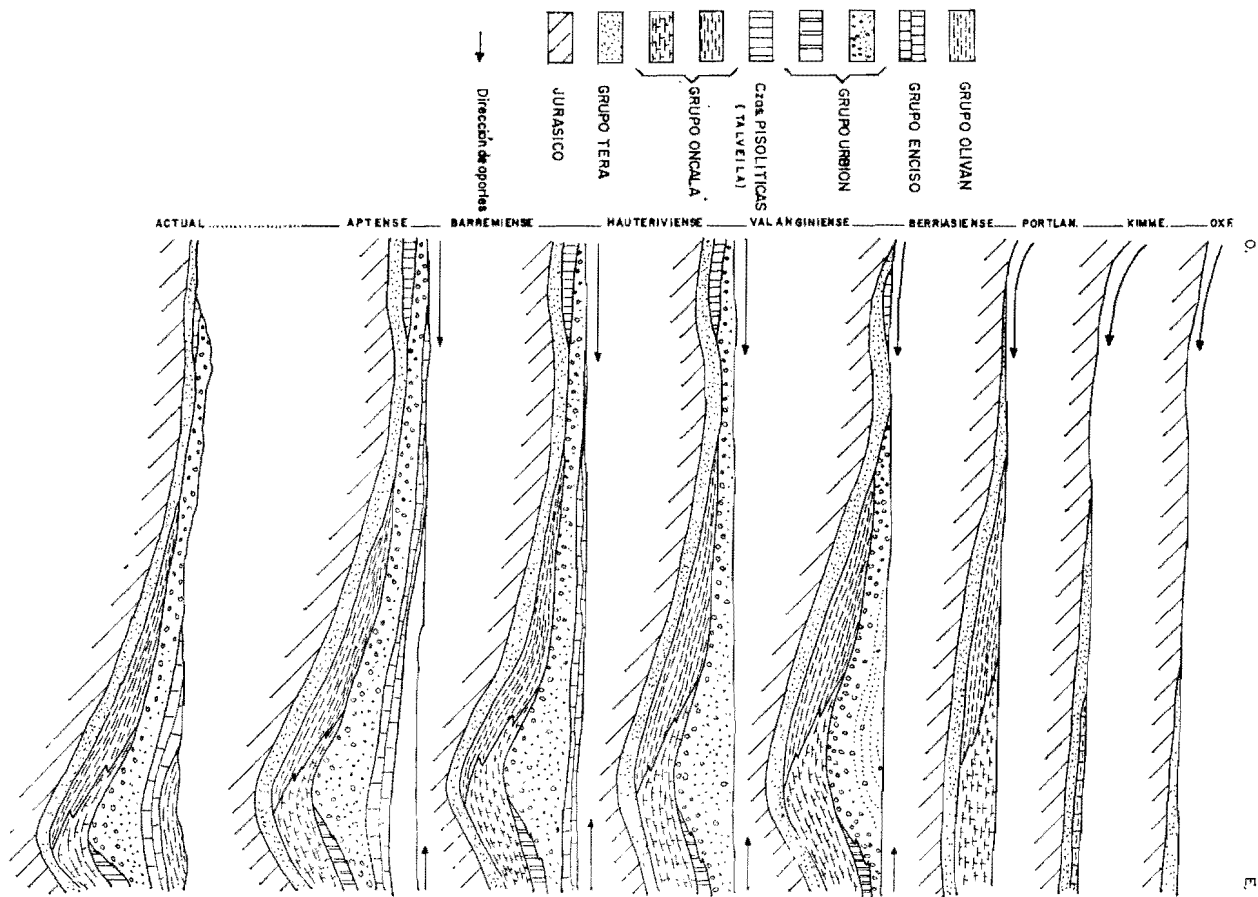
Vemos, según este esquema, que el Grupo inferior, «Tera», comienza a depositarse en el sector Oriental de la Sierra de Cameros —sector en el que se enclava la presente Hoja—, a finales del Oxfordiense o comienzo del Kinmeridiense. En este sector, coincidente con el de mayor subsidencia, comienza la sedimentación de los Grupos Oncala y Urbión a finales del Portlandiense y en el Berriasiense, respectivamente, y a este sector se restringe la presencia de los dos grupos superiores, Enciso y Oliván. Por tanto, los grupos que están presentes en el sector occidental lo hacen de forma más tardía y con una potencia considerablemente menor.

El Grupo Tera corresponde a un sistema fluvial complejo de cauces sub-paralelos que darían lugar a los tramos conglomeráticos. Los depósitos más finos, limolíticos y excepcionalmente carbonáticos estarían originados en la llanura deltáica correspondiendo a depósitos de inundación.

Las «calizas en lajas» características y representativas del Grupo Oncala en este sector, tendrían relación con la instauración de un régimen lagunar que con el tiempo iría aumentando en extensión, ya que en el sector occidental estas calizas se sitúan en el techo del grupo, estando la parte inferior constituida por materiales detríticos.

Una nueva elevación del «Macizo Castellano», originaría un aporte fluvial análogo al de la etapa anterior, formando los depósitos del Grupo Urbión. En el limitado espacio relativo de la presente Hoja, se observan dos hechos claros de carácter regional; uno, litológico, consistente en que hacia el E o NE los depósitos tienden a ser más finos o limolíticos, y otro, en cuanto a potencia, de carácter verdaderamente excepcional, ya que en el espacio de 15 km. se pasa de una potencia que no supera los 200 m. en el área central de la Hoja, próxima a la «franja tectónica», a más de 1.000 m. en el ángulo SO, y en la Hoja de Enciso que limita al O, alcanza 2.500 m., para volver a disminuir al O y SO de dicha Hoja, pero adquiriendo a la vez un carácter netamente conglomerático.

Al comienzo de la sedimentación de este Grupo comenzó la elevación del «Macizo del Ebro», ocasionando unas cuencas de transición en este sector, donde se depositaron las «calizas de Cabretón» muy bien representadas en la Hoja.



ESQUEMA DE SEDIMENTACION DE LAS FACIES «PURBECK-WEALD»
 DE LA SIERRA DE CAMEROS

Con la aparición del «Macizo del Ebro» como fuente de aporte además del «Macizo Castellano», la subsidencia del sector NE se hace relativamente mayor respecto al conjunto de la Sierra de Cameros. Así pues, los dos grupos superiores Enciso y Oliván, quedan prácticamente confinados a dicho sector.

El Grupo Enciso responde a un medio salobre restringido (se encuentran ocasionalmente cristales de yeso en los niveles limolítico-margosos) y son manifiestas las dos direcciones de aportes contrarias entre sí, correspondientes a los dos «macizos» emergidos citados.

En cuanto al Grupo Oliván, se originó debido a una nueva elevación del «macizo Castellano», produciéndose una última avalancha detrítica.

Posteriormente, tras una laguna erosiva, comienza una transgresión, deducida por datos regionales y de la que sólo encontramos testigos en la Hoja, de la parte inicial, es decir, las areniscas con margas y lignitos (facies «Utrillas-Escucha») que pertenecen a un medio restringido y reductor, habiendo sido erosionados los materiales carbonáticos, suprayacentes en los momentos previos a la deposición del Paleógeno, o bien, se puede explicar que no afloren aquí por la tectonización existente, sin descartar la posibilidad de que no se hayan depositado.

3.3 HISTORIA GEOLOGICA DEL TERCIARIO CONTINENTAL

Durante el Oligoceno se inicia una nueva emersión de las regiones de Cameros y de la Demanda, lo cual condiciona la formación de la potente secuencia de conglomerados del Turruncún.

En el Oligoceno Superior tiene lugar la fase principal de la orogénesis alpina, en la cual, utilizando el sistema previamente existente de fallas maestras, que condicionaron la sedimentación de las facies Purbeck-Weald un rápido levantamiento del zócalo de la Demanda y de Cameros, convirtiendo la cubeta del Ebro en una fosa tectónica. Los movimientos del zócalo se transmiten a la cobertera que reacciona, según su espesor y su litología, mediante un sistema de esfuerzos que según los casos originan escamas tectónicas, cabalgamientos, pliegues, etc., que ya han sido tratados en el correspondiente capítulo de tectónica.

Al final de esta primera fase y mediante el concurso de numerosas fallas de desgarre producidas a nivel de zócalo se provoca el diapirismo.

Después de la primera fase de la orogenia Alpina, y durante parte del Aquitaniense (Mioceno Inferior), el Valle del Ebro constituía una gran fosa tectónica, en cuyo centro se fueron depositando importantes espesores de yesos en régimen lacustre salino («Yesos de los Arcos»), con intercalaciones de episodios terrígenos de procedencia sur, y con una clara influencia fluvial.

En el Sur de la fosa tectónica seguían depositándose conglomerados, areniscas, limos y arcillas (Formación Arnedo). Los conglomerados se depositaron discordantes sobre los conglomerados del Terciario preorogénico (Turruncún-Villarroya), también plegados. Esta discordancia Fini-Oligocena, visible entre el Gatún y Quel Romeral, indica esta primera y principal fase de la orogénesis alpina.

Durante el Mioceno proseguía la erosión de las regiones montañosas de la Cordillera Ibérica, a la par que continuaba el proceso de colmatación en la Cuenca del Ebro.

La carga litostática de sedimentos provocó la reactivación de estas fallas, produciéndose los cabalgamientos del borde montañoso sobre los materiales Miocenos, no necesariamente simultáneos en todos los puntos, y tampoco continuos para un mismo punto.

Por estos motivos, sucede que unas veces los conglomerados Miocenos están francamente cabalgados por el Mesozoico, y otras, como en este caso (conglomerados de Fitero) están discordantes sobre el mismo.

También durante el Mioceno, se originan una serie de movimientos del substrato, de tipo pliegue o falla, que se transmiten a la cobertera Terciaria, la cual responde con la formación de un abombamiento periclinal con una serie de pequeños pliegues en su interior (estructura «dominiforme» de Arnedo). Las fallas de carácter cabalgante jugaron hasta el Mioceno Superior, ya que los terrenos de esta edad están cabalgados por el Mesozoico.

Probablemente el último empuje se produjo al finalizar el Mioceno, ya que las últimas capas («conglomerados de Yerga») cicatrizan la falla cabalgante.

4 PETROLOGIA

Como ya hemos citado en el capítulo de Historia Geológica, una vez sedimentada la mayor parte o la totalidad de las facies Keuper, se producen unas extrusiones de basaltos que tienen importancia cartográfica, principalmente en el sector Oriental de la franja tectonizada.

Estos basaltos son generalmente porfídicos, microgranudos, de colores verdes, rojizos y pardo-oscuros. Sus componentes principales son ferromagnesianos, habitualmente reemplazados por magnetita, crisotilo, iddingsita y carbonatos, plagioclasas y vesículas rellenas de cuarzo, calcita y zeolita.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 HIDROGEOLOGIA

Poca importancia revisten en sí como acuíferos los materiales de las facies Purbeck-Weald, debido a su compactación y a la frecuente intercalación de niveles limosos, aun en los tramos más calcáreos donde sería más viable la formación de un acuífero por carstificación; de todas formas, hay un número importante de manantiales, surgentes en la mayoría de los casos a favor de diaclasas o fracturas de mayor o menor envergadura.

Gran importancia tiene, sin embargo, desde el punto de vista hidrogeológico, la «franja tectonizada» que separa los dominios del Terciario del Valle del Ebro y de las facies Purbeck-Weald. En primer lugar, los materiales que constituyen esta franja son en general buenos acuíferos: las arenas de las facies Utrillas, las dolomías y carniolas del Jurásico basal y fundamentalmente la unidad J_{22-31}^{3-0} que incluye a su vez las unidades J_{22-23}^{30} , J_{23-24} y J_{23-31} , constituidas fundamentalmente por calizas, calizas arenosas y conglomerados calcáreos. En segundo lugar, el hecho de la intensa tectonización de este sector condiciona de forma cabal el alumbramiento de estos acuíferos. Esta tectonización y estructura de los materiales citados hace que, aunque potencialmente sean buenos acuíferos, no reúnan las características idóneas estructurales como roca almacén. Estas fracturas de ciertamente gran importancia y prolongación en profundidad, a su vez, originan surgencias de aguas termales y sulfuradas que, en el caso de esta Hoja, han adquirido gran importancia por la instalación de balnearios para el tratamiento de enfermedades reumáticas; nos referimos principalmente a los Baños de Fitero. La temperatura del agua de este manantial supera los 50° C. Hay otro balneario de aguas sulfuradas, de temperatura de salida casi ambiental y de bajo caudal, conocido como el Baño de la Albotea. Está situado a la altura del km. 34 de la carretera Grávalos-Cervera del río Alhama. Actualmente este balneario tiene una utilización particular.

Hay manantiales de menor importancia y de características también minero-medicinales, como los dos anteriores, en Grávalos y Turruncún. Citamos junto con éstos, por su analogía, dos pequeños manantiales localizados en Cornago e Igea respectivamente, situados en el interior del dominio de las facies Purbeck-Weald, todos ellos con una temperatura de salida constante, que varía según los casos, de 12 a 16°.

Aparte de este tipo de manantiales de características análogas no son frecuentes en esta «franja» los manantiales de aguas potables si exceptuamos el de abastecimiento a la localidad de Muro de Ambas Aguas, el único con cierta importancia.

En cuando a las posibilidades hidrogeológicas del Terciario, son bastante bajas, y se limitan casi exclusivamente por su menor contenido en arcilla a los conglomerados del Oligoceno (T_{c3}^A). De todas formas, dentro de la Hoja la estructura no favorece mucho la explotación de este acuífero.

Un especial interés hidrogeológico ofrece la terraza inferior actual o llanura de inundación de los ríos Alhama y Linares, formada por materiales detríticos (gravas, arenas, limos y arcillas) poco consolidados, que pueden tener una buena permeabilidad.

Conviene tener muy en cuenta la posible relación acuífero-río, por la que los recursos de agua subterránea podrían incrementarse muy considerablemente.

Este tipo de acuífero permite obtener caudales muy aceptables con pozos de poca profundidad.

El resto de los depósitos Cuaternarios, en especial los glaciares, pueden tener un cierto interés para abastecimientos de poca entidad.

5.2 MINERÍA

Hay en esta Hoja indicios de diferentes sustancias minerales. Los más importantes se refieren a lignitos, piritas, plomo y óxidos de hierro.

El lignito se encuentra en las facies Utrillas en el afloramiento que separa los conglomerados Oligocenos de Turruncún de las calizas, margas y dolomías del Jurásico, entre la localidad citada y Villarroya. Hay nueve capas de lignitos de hasta 2,20 m. de espesor, de las que únicamente se han explotado dos.

La explotación con mayor desarrollo han sido las efectuadas en las minas «Abundante» y «La Milagrosa», en los términos de Villarroya y Turruncún, respectivamente. Actualmente ninguna de las explotaciones está en funcionamiento.

En cuanto a las piritas, merecen mención especial los yacimientos de esta Hoja, por la fama a nivel internacional que han tenido como piedras ornamentales, ya que se han conseguido cubos perfectos de hasta 10 cm. de lado. Las piritas se encuentran en todos los grupos de las facies Purbeck-Weald, pero de una forma especial en los tramos fundamentalmente limolíticos que se han diferenciado en el Grupo Urbión, es decir, en la unidad $C_{11-12}3a$. El yacimiento clásico es el de la localidad de Ambas Aguas, que hoy día está bastante depauperado al no quedar apenas ejemplares de unos 2 cm. de lado. Se encuentran abundantes ejemplares en las zonas de Villarijo, Armejún, Umbría de la Tardía, etc., pero en ninguno de estos lugares se ha llevado a cabo una explotación formal.

Hoy día la única explotación organizada de pirita con fines ornamenta-

les se realiza en el término de Navajún, al Sur y fuera de esta Hoja, concretamente en el NO de la Hoja de Agreda (24-13).

Respecto al plomo, solamente existe un indicio en el término de Armejún (X = 729,2 e Y = 833) en las alternancias pelítico-samíticas del Grupo Urbión, y tiene muy poca importancia.

Solamente existe también un indicio de hierro poco importante, en forma de óxidos y con carácter masivo, en el paraje de Los Degollados, en el término de Cervera del río Alhama.

En el sector más oriental de la franja tectonizada donde los afloramientos del Keuper son más extensos, son muy frecuentes las explotaciones de yeso de las que hemos señalado en el mapa las más importantes y prácticamente todas están abandonadas o bien se explotan de forma esporádica.

5.3 CANTERAS

En la carretera de Grávalos a Alfaro, en el km. 21,600 se haya en explotación una cantera para áridos en la que se explotan las areniscas calcáreas y calizas pisolíticas pertenecientes al Jurásico Medio-Superior.

Las calizas de Cabretón, fundamentalmente la unidad C₁₁3c, base del Grupo Urbión, son un buen material canterable, bien para áridos o mampostería. Hay dos canteras con cierta importancia localizadas en el km. 33,500 y 31,050, respectivamente, de la carretera de Grávalos a Cervera del río Alhama.

Los materiales donde se han abierto más canteras, principalmente para mampostería, son las calizas del Grupo Enciso, unidad C₁₃₋₁₄4c, en los tramos situados más a techo. Estas canteras se encuentran alineadas en sentido O-E desde Igea hasta la cabecera del barranco Malanchón, situado en las proximidades del km. 26 de la carretera de Grávalos a Cervera del río Alhama.

6 BIBLIOGRAFIA

- BEROIZ, C. (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 282, Tudela, del Mapa 1/25.000 de la Diputación Foral de Navarra». *Diputación Foral de Navarra*.
— (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 244, Alfaro, del Mapa 1/25.000 de la Diputación Foral de Navarra». *Diputación Foral de Navarra*.
BEUTHER, A. (1967).—«Geologische Untersuchungen im Wealden und Utrillaschichten im westteil der Sierra de los Cameros». *Beith. Geol. J. B.*, número 44, pp. 103-122.
BRENNER, P. (1973).—«Ostracoden und Charophyten des Nordspanischen

- Wealden (Systematik, Oekologie, Stratigraphie, Palaogeographie». *Inau. Diss. Tubingen*, 150 pp.
- BRENNER, P., y WIEDMANN, J. (1974).—«Nuevas aportaciones al conocimiento del "Weald" Celtibérico Septentrional y sus relaciones paleogeográficas». *1.er Symposium sobre el Cretácico de la Cordillera Ibérica*. Cuenca, pp. 125-134.
- CASANOVAS CLAVELLAS, L., y SANTAFAE, J. V. (1971).—«Icnitas de reptiles mesozoicos en la provincia de Logroño». *Acta Geol. Hisp.*, t. 6, núm. 5, pp. 139-142.
- CRUSAFONT PAIRO, M.; TRUYOLS SANTONJA, J., y RIBA, O. (1966).—«Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario Continental de Navarra y Rioja». *Not. y Com. del IGME*, núm. 90, pp. 53-76.
- DEL VALLE, A.; MENDIZABAL, J., y CINCUNEGUI, M. (1933).—«Memoria explicativa. Hoja 282, Tudela del Ebro, del Mapa Nacional 1/50.000». *IGME*, Madrid.
- (1935).—«Memoria explicativa, Hoja 244, Alfaro, del Mapa Nacional 1/50.000». *IGME*, Madrid.
- I. G. M. E. MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA E. 1/200.000 [1971].—«Síntesis de la Cartografía existente, núm. 21, Logroño».
- JEREZ MIR, L., y ENSAOLA GOMEZ, J. M. (1969).—«Estudio geológico de la provincia de Logroño». *Ministerio de Industria. IGME*.
- KNEUPER-HAACK, F. (1967).—«Ostracoden aus dem Wealden der Sierra de los Cameros (Nordwestlichen Iberischen Ketten)». *Beith. Geol. J. B.*, número 44, pp. 165-209.
- LOZANO, S. (1894).—«Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño». *Mem. Map. Geol. España*, Madrid.
- MENSINK, H. (1967).—«Stratigraphie und Palaogeographie des marinen Jura im der nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien)». *Beith. Geol. J. B.*, 44 (1965), pp. 55-102.
- MORILLO VALVERDE, M. J., y MELENDEZ HEVIA, F. (1972).—«La falla de San Leonardo; interpretación paleogeográfica (Cordillera Ibérica, Soria-Burgos)». *Est. Geol.*, núm. 28, pp. 65-76.
- PALACIOS, P., y LOZANO, S. (1885).—«La formación Wealdense en las provincias de Soria y Logroño». *Bol. Com. Mapa Geol. España, IGME*, núm. 12.
- RAMIREZ DEL POZO, J. (1969).—«Síntesis estratigráfica y micropaleontológica de las facies Purbeckiense y Wealdense del N de España». *Ediciones CEPESA*, S. A., Madrid.
- RIBA, O. (1955).—«Sur le type de sedimentation du Tertiaire de la partie ouest du bassin de l'Ebre». *Geol. Rundschau*, Stuttgart, t. 43, núm. 2, pp. 363-371.
- (1964).—«Estructuras sedimentarias del Terciario Continental de la depresión del Ebro en su parte Riojana y Navarra». *Aport. Esp. al II Congr. Geogr. Int. Reino Unido-Zaragoza*, pp. 127-138.

- TISCHER, G. (1966).—«El delta Wealdico de las montañas Ibéricas occidentales y sus enlaces tectónicos». *Not. y Com. IGME*, núm. 81, pp. 53-78.
- (1967).—«Über die Wealden-Ablagerungen und die Tectonik der Ostlichen Sierra de los Cameros im der norwestlichen Iberischen Ketten (Spanien)». *Beith. Geol. J. B.*, núm. 44, pp. 123-164.
- VALLADARES, M. I. (1976).—«Sedimentología del Jurásico y Cretácico al Sur de la Sierra de la Demanda (Provincias de Burgos y Soria)». Universidad de Salamanca, Facultad de Ciencias. Tesis Doctoral.
- VILLALTA, J. F. (1952).—«Contribución al conocimiento de la fauna de mamíferos fósiles del Plioceno de Villarroya (Logroño)». *Bol. IGME*, t. LXVI.
- WIEDMAN, J. (1965).—«Sur la possibilité d'une subdivision et des correlations du Crétacé inférieur, Ibérique». *Mem. Bur. Rech. Geol. Min.*, núm. 34, pp. 819-823.

INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3

